٥٤٤٦

بسم الله الرحمن الرحيم

١١٢٧٢٤

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

شبیه‌سازی عددی مشعل متخلخل با جریان شعاعی

محمدرضا آسترکی

استاد راهنما:

دکتر مهدی معرفت

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
۳۸۸۱۲۱
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
شعبه مدارک

زمستان ۸۷

۱۱۴۷۳۲

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای محمدرضا آسترکی پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان تحلیل عددی مشعل متخلخل با جریان شعاعی** در تاریخ ۱۳۸۷/۱۲/٤ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر مهدی معرفت	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر کیومرث مظاهری	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمدرضا انصاری	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر مصطفی خسروی الحسینی	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر کیومرث مظاهری	دانشیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده 1- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده 2- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده 3- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده 4- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده 5- این دستورالعمل در 5 ماده و یک تبصره در تاریخ 1384/4/25 در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته است که در سال در دانشکده دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب دانشجوی رشته

مقطع

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضا:

تقدیم

تقدیم به پدر و مادر مهربانم که در تمامی دوره تحصیل حامی و

مشوق من بوده اند

تشکر و قدردانی

در اینجا لازم میدانم از آقای دکتر معرفت که در طول تحصیل از راهنماییهای علمی ایشان بهره بردم و همچنین آقای دکتر خسروی‌الحسینی که از دستاوردها و رهنمودهایشان در انجام این پروژه استفاده نمودم تشکر نمایم.

چکیده

در این تحقیق دو نوع مشعل متخلخل با جریان‌های شعاعی و محوری به صورت عددی مدلسازی شده‌اند. برای این منظور معادلات حاکم به صورت یک بعدی برای گاز پیش مخلوط متان و هوا حل شده‌اند. مکانیزم مورد استفاده در شبیه سازی فرآیند احتراق نیز مکانیزم ۱۵ مرحله ای کاهش یافته بر مبنای GRI3.0 می‌باشد. برای حل معادلات حاکم کد معروف PREMIX برای شبیه سازی احتراق درون محیط متخلخل ارتقا داده شده است. بررسی عملکرد مشعل متخلخل شعاعی نشان داد که در یک قدرت ثابت کاهش نسبت سوخت به هوا می‌تواند اثرات مثبتی بر رفتار انتشاری مشعل داشته باشد. همچنین در این قسمت به اثر خواص حرارتی محیط پرداخته شد و ملاحظه گردید اثر ضریب هدایت حرارتی بر رفتار مشعل تا حدود زیادی به شرط مرزی خروجی مشعل وابسته است.

در بخش دیگری از تحقیق به مقایسه ی مشعل‌های متخلخل شعاعی و محوری پرداخته شد. برای آنکه بتوان دو مشعل را با یکدیگر مقایسه نمود دبی ورودی و نسبت سوخت به هوا در دو مشعل یکسان در نظر گرفته شد. نتایج این بخش نشان داد که کاهش سرعت و افزایش سطح مقطع در راستای جریان تاثیربسزایی روی رفتار مشعل شعاعی در مقایسه با مشعل محوری از جهت توزیع دما، توزیع سرعت، میزان انتشار آلاینده‌ها و بازده تشعشع خروجی دارد. در مورد توزیع دما درون مشعل ملاحظه شد که دو عامل ذکر شده می توانند در کاهش دمای ناحیه‌ی انتشار شعله در مشعل شعاعی تاثیر گذار باشند. نتایج بدست آمده برای انتشار آلاینده‌های CO و NO چنین نشان داد که مشعل متخلخل شعاعی با توجه به خصوصیاتی که ذکر شد از انتشار آلاینده ی کمتری نسبت به مشعل متخلخل محوری برخوردار است. بازده تشعشع خروجی دو مشعل شعاعی و محوری نیز با یکدیگر مقایسه شدند، که در این مورد نیز برتری مشعل متخلخل شعاعی مشاهده گردید.

کلمات کلیدی: مشعل متخلخل شعاعی، مشعل متخلخل محوری، انتشار آلاینده‌ها، بازده تشعشع خروجی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ۱

مقدمه ۱

۱-۱ . معرفی مشعل متخلخل ۱

۱-۲. کاربرد مشعلهای متخلخل ۴

۱-۲-۱. کاربرد در مصارف خانگی (گرمایش هوا و آب) ۴

۱-۲-۲. کاربردهای صنعتی ۴

۱-۲-۲-۱. سیستمهای گرمایش هوا برای خشک کردن ۵

۱-۲-۲-۲. احتراق در توربین گازی ۵

۱-۲-۲-۳. کاربرد در سیستم گرم کردن خودرو ها ۶

۱-۲-۲-۴. کاربرد در موتورهای احتراق داخلی ۶

۱-۳. مواد مورد استفاده در مشعلهای متخلخل ۸

فصل دوم ۱۰

مرور تحقیقات گذشته ۱۰

۲-۱.مقدمه ۱۰

۲-۲. تحقیقات انجام شده روی مشعل متخلخل با جریان شعاعی ۱۱

۲-۳. محاسن مشعل متخلخل شعاعی ۱۶

۲-۴. اهداف تحقیق حاضر ۱۷

۲-۵. روش حل ۱۷

فصل سوم ۱۹

معادلات حاکم ۱۹

۳-۱.مقدمه ۱۹
۳-۲. معادلات انرژی ۲۰
۳-۳. معادله‌ی بقای گونه‌های شیمیایی ۲۱
۳-۳-۱. طریقه تعیین خواص انتقالی گاز ۲۲
۳-۴. معادله‌ی تبادل گرمای تشعشعی ۲۴
۳-۴-۱. تغییرات شار تشعشعی ۲۵
۳-۵. شرایط مرزی در حل معادلات ۲۵
۳-۶. روش حل معادلات ۲۶
۳-۶-۱. روش حل معادلات تبادل گرمای تشعشعی ۲۶
۳-۶-۱-۱ . روش دقیق ۲۶
۳-۶-۱-۱ -۱. ساده سازی معادلات برای محیط خاکستری با پراکنده سازی ایزوتروپیک ۲۹
۳-۶-۱-۲. روش جهت های مجزا ۳۰
۳-۶-۱-۲ -۱. انتخاب جهات و ضرایب وزنی در روش جهت های مجزا ۳۱
۳-۶-۲. روش حل معادلات انرژی و بقای گونه ها ۳۲

فصل چهارم ۳۴

مدلسازی مشعل متخلخل با جریان شعاعی ۳۴

۴-۱.مقدمه ۳۴
۴-۲. نحوه‌ی تعریف مدل ۳۵
۴-۳. مکانیزم احتراقی مورد استفاده در مدلسازی ۳۵
۴-۴. هندسه‌ی مشعل متخلخل شعاعی ۳۸
۴-۵. نتایج ۳۹
۴-۵-۱. استقلال جواب‌ها از شبکه ۳۹
۴-۵-۲. مقایسه با نتایج تجربی ۴۰
۴-۵-۳. انتشار آلاینده ها از مشعل متخلخل شعاعی ۴۱
۴-۵-۴. بازده تشعشع خروجی در مشعل متخلخل شعاعی ۴۵
۴-۵-۵. بررسی تاثیر خواص حرارتی محیط متخلخل بر رفتار مشعل متخلخل شعاعی ۴۶
۴-۵-۵-۱ ـ تاثیر ضریب هدایت حرارتی ۴۷

۴-۵-۵-۲. تاثیر ضریب تضعیف تشعشعی بر رفتار حرارتی مشعل ۴۹
۴-۶. جمع‌بندی ۵۱
فصل پنجم ۵۲
مقایسه عملکرد دو نوع مشعل متخلخل شعاعی و محوری از دیدگاه‌های مختلف ۵۲
۵-۱.مقدمه ۵۲
۵-۲.هندسه‌ی مشعل متخلخل شعاعی و محوری ۵۳
۵-۳. نتایج ۵۳
۵-۳-۱. پروفیل دما ۵۳
۵-۳-۲. پروفیل سرعت ۵۵
۵-۳-۳. انتشار آلاینده ها ۵۶
۵-۳-۴. بازده تشعشع خروجی ۵۹
۵-۳-۵. سرعت سوزش ۶۱
۵-۶. جمع‌بندی ۶۳
فصل ششم ۶۵
نتیجه گیری و پیشنهادات ۶۵
۶-۱. نتایج مهم بدست آمده ۶۵
۶-۲. پیشنهاد برای تحقیقات آتی ۶۶
مراجع ۶۷

علائم و اختصارات

حروف انگلیسی

T	دما
C_p	ظرفیت ویژه ی حرارتی
a_{sf}	مساحت مخصوص
h_{sf}	ضریب تبادل حرارتی جابه جایی میان سیال و سطح محیط متخلخل
q_{rad}	شار گرمایی تشعشعی
r	مختصات شعاعی
u	سرعت گاز
V_k	سرعت دیفیوژن گونه ی k ام
I	شدت تشعشع
A	سطح مقطع
Y_k	کسر جرمی گونه ی k ام
W_k	وزن مولکولی گونه ی k ام
H_v	ضریب انتقال گرمای حجمی بین گاز و محیط متخلخل
E_A	انرژی فعال سازی
D_{km}	ضریب دیفیوژن دو تایی
X_k	کسر مولی
x	مختصات طولی
P	فشار
D_k^T	ضریب دیفیوژن دمایی
$\hat{s}$	جهت انتشار پرتو تشعشعی
$\dot{m}$	دبی جرمی

حروف یونانی

λ	ضریب هدایت حرارتی
τ	ضخامت نوری
σ_a	ضریب جذب محیط
σ_s	ضریب پراکنده سازی
β	ضریب تضعیف تشعشعی
ε	ضریب صدور
ω	نسبت پراکنده سازی
Ω	زاویه ی فضایی
ϕ	تخلخل
φ	نسبت هم ارزی
Φ	تابع فازی
$\dot{\omega}$	شدت تولید مولی گونه ی k ام

زیر نویس‌ها

g	گاز
s	جامد
k	گونه k ام
in	ورودی
out	خروجی
Surround	محیط

فهرست جدول‌ها

عنوان		صفحه
جدول(۳-۱)	شرایط مرزی لازم در حل	۲۵
جدول(۴-۱)	خواص ماده‌ی متخلخل مورد استفاده در مدلسازی	۳۸
جدول(۴-۲)	انتشار آلاینده‌ی CO بدست آمده از تحقیق حاضر و نتایج تجربی	۴۱

فهرست شکل‌ها

عنوان		صفحه
شکل(۱-۱)	مناطق مختلف یک مشعل متخلخل.	۳
شکل(۲-۱)	مشعل متخلخل استوانه ای با جریان شعاعی.	۱۱
شکل(۲-۲)	شماتیکی از مشعل مورد آزمایش. ۱- پوشش فلزی ۲- دیوار جانبی ۳- رتامتر، [۱۳].	۱۴
شکل(۳-۱)	مختصات شدت تشعشع یک بعدی برای یک محیط با سطوح موازی.	۲۷
شکل(۴-۱)	شماتیکی از مشعل متخلخل جریان شعاعی.	۳۸
شکل(۴-۲)	دمای گاز در راستای شعاع برای چند شبکه‌ی مختلف.	۳۹
شکل(۴-۳)	کسر مولی NO در راستای شعاع برای چند شبکه‌ی مختلف.	۴۰
شکل(۴-۴)	تغییرات دمای گاز در راستای شعاع در تحقیق حاضر و مرجع[۱۷].	۴۰
شکل(۴-۵)	تغییرات کسر مولی NO در راستای شعاع برای چند نسبت هم‌ارزی.	۴۲
شکل(۴-۶)	تغییرات کسر مولی NO در راستای شعاع با صرف نظر از تشعشع و منظور نمودن آن.	۴۳
شکل(۴-۷)	تغییرات کسر مولی CO در راستای شعاع برای چند نسبت هم‌ارزی.	۴۴
شکل(۴-۸)	تغییرات کسر مولی CO در راستای شعاع با صرف نظر از تشعشع و منظور نمودن آن.	۴۴
شکل(۴-۹)	بازده تشعشع خروجی بر حسب نسبت هم‌ارزی.	۴۵
شکل(۴-۱۰)	بازده تشعشع خروجی بر حسب FR.	۴۶
شکل(۴-۱۱)	دمای گاز برای دو مقدار ضریب هدایت حرارتی در راستای شعاع.	۴۷
شکل(۴-۱۲)	توزیع NO در مشعل برای دو مقدار ضریب هدایت حرارتی در طول مشعل.	۴۸
شکل(۴-۱۳)	توزیع CO برای دو مقدار ضریب هدایت حرارتی در طول مشعل.	۴۸
شکل(۴-۱۴)	نمودار دمای گاز برای دو مقدار ضریب تضعیف تشعشعی.	۴۹
شکل(۴-۱۵)	کسر مولی NO در راستای شعاع در دو مقدار ضریب تضعیف.	۵۰
شکل(۴-۱۶)	کسر مولی CO در راستای شعاع در دو مقدار ضریب تضعیف.	۵۰
شکل(۵-۱)	مشعل متخلخل محوری مدلسازی شده.	۵۳
شکل(۵-۲)	دمای گاز در دو مشعل بر حسب فاصله.	۵۴
شکل(۵-۳)	دمای گاز دو مشعل بر حسب فاصله قبل از رسیدن به دمای ماکزیمم.	۵۴
شکل(۵-۴)	توزیع سرعت در مشعل متخلخل شعاعی و محوری بر حسب فاصله.	۵۵
شکل(۵-۵)	نمودار کسر مولی NO بر حسب فاصله.	۵۶
شکل(۵-۶)	نمودار کسر مولی NO بر حسب نسبت هم ارزی.	۵۷
شکل(۵-۷)	نمودار کسر مولی CO بر حسب فاصله.	۵۸
شکل(۵-۸)	نمودار کسر مولی CO بر حسب FR.	۵۹
شکل(۵-۹)	نمودار بازده تشعشع خروجی بر حسب FR.	۶۰
شکل(۵-۱۰)	نمودار بازده تشعشع خروجی بر حسب نسبت هم ارزی.	۶۰
شکل(۵-۱۱)	سرعت شعله بر حسب نسبت هم‌ارزی.	۶۱
شکل(۵-۱۲)	سرعت گاز در دو مشعل در راستای طول.	۶۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱ . معرفی مشعل متخلخل

یکی از مهمترین مسائلی که در چند دهه ی اخیر اهمیت بسیاری یافته است مسئله‌ی انتشار بیش از حد آلاینده‌هایی همچون مونوکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن می‌باشد و محققان زیادی به دنبال کاهش مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌ها به وسیله‌ی بهبود سیستمهای احتراقی بوده‌اند.

با بهبود سیستمهای احتراقی از طریق افزایش راندمان حرارتی و کنترل دمای این سیستمها می‌توان میزان آلایندگی آنها را کنترل نمود، همچنین بهبود این سیستم‌ها مصرف سوخت در را کاهش داده و در نتیجه انتشار گازهای‌گلخانه‌ای نیز کمتر می‌شود.

امروزه فرآیندهای احتراقی بیشتر با ساختار شعله آزاد انجام می‌گیرند، که ضخامت آن بسیار کوچک است. برای مثال در مشعل بانسن[1]، شعله‌ی مخروطی شکل برای مخلوط گاز طبیعی و هوا در شرایط اتمسفر دارای ماکزیمم ضخامت ۱ میلی‌متر می‌باشد. واکنشهای شیمیایی در همین ناحیه بسیار کوچک انجام می‌گیرد و در نتیجه بقیه محفظه احتراق برای انجام واکنشهای شیمیایی بلا استفاده می‌ماند. دلیل این ضخامت پایین ناحیه احتراق هدایت حرارتی پایین مخلوط گازی است.

---

[1]Bunsen burner

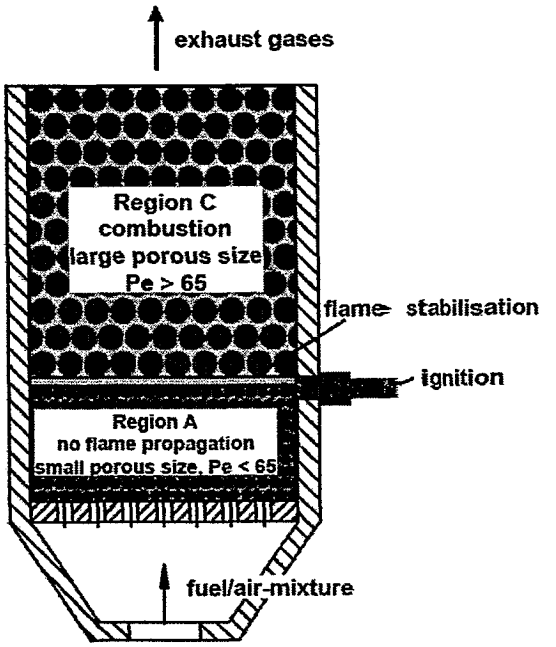
برای افزایش توان حرارتی شعله آزاد از اغتشاش در جریان بالا دست مخلوط گاز استفاده می‌شود، اما با ایجاد اغتشاش در جریان ضخامت شعله افزایش یافته و از فضای محفظه احتراق استفاده بهتری شده است. اما اغتشاش بسیار زیاد می‌تواند سبب خاموشی شعله، مشکلات ثبات شعله، ایجاد سروصدا و افزایش افت فشار شود.

استفاده از شبکه‌ی جامد در مشعل به خاطر خواص انتقال گرمای تشعشع و هدایت بهتر نسبت گاز می‌تواند سبب بهبود انتقال گرما درون مشعل گردد، به همین منظور می‌توان از احتراق درون محیط متخلخل استفاده نمود.

تشکیل یا عدم تشکیل شعله در محیط متخلخل و تا حدود زیادی به خواص ماده متخلخل و سرعت ورودی مخلوط وابسته است. در سال ۱۹۹۱ بابکین و همکاران [۱] برای انتشار شعله در محیط متخلخل محدوده‌ای را با استفاده از عدد پکلت تعریف نمودند، عدد پکلت به صورت رابطه‌ی (۱-۱) بیان می‌شود.

$$Pe = \frac{S_l d_m C_p \rho}{\lambda} \qquad (۱-۱)$$

که در آن $S_l, d_m, C_p, \rho, \lambda$ به ترتیب ضریب هدایت حرارتی گاز، دانسیته‌ی گاز، گرمای ویژه، قطر متوسط حفره‌ها و سرعت شعله آرام می‌باشد. طبق آزمایشات او برای تشکیل شعله در محیط متخلخل باید Pe>65 باشد و اگر این شرط برقرار نباشد شعله تشکیل نمی‌شود. در شکل(۱-۱) مناطق مختلف در یک مشعل متخلخل نمایش داده شده است. ملاحظه می شود که ناحیه‌ی A فقط نقش پیش گرمایش را دارد و به همین دلیل در آن Pe<65 و در ناحیه ی C که شعله در آن تشکیل می‌شود Pe>65 می‌باشد.



شکل (۱-۱) مناطق مختلف یک مشعل متخلخل

به طور کلی مشعل‌های متخلخل دارای محاسنی از جهت انتشار آلاینده‌ها و توان حرارتی نسبت به مشعلهای متداول هستند و همین عامل سبب شده تحقیقات زیادی روی این مشعل‌ها انجام گیرد و در مصارف گوناگون به کار گرفته شوند. محاسن این نوع مشعلها را در چند مورد زیر می توان خلاصه نمود،

۱) به خاطر شرایط یک محیط متخلخل و ساختار آن سوخت وهوا به طور مناسبی با هم مخلوط می‌شوند که این امر خود سبب کاملتر انجام شدن احتراق و کاهش آلاینده‌ای مثل CO می‌گردد.

۲) مخلوط سوخت وهوا قبل از رسیدن به ناحیه احتراق پیش‌گرم می‌شود. این عامل می‌تواند هم سبب کاهش آلاینده‌ها شود و هم امکان احتراق را برای مخلوطهای رقیق نیز مهیا کند.

۳) کاهش دمای ماکزیمم شعله در اثر انتقال گرمای تشعشعی و هدایتی و به دنبال آن کاهش تولید اکسیدهای نیتروژن.

۴) محدوده‌ی توانی وسیع‌تر نسبت به مشعل‌های متداول.

۵) پایداری شعله در محدوده‌ی وسیعتری از نسبت سوخت به هوا.

۶) کاهش حجم قابل توجه نسبت به مشعل‌های معمولی به خاطر دانسیته‌ی حرارتی بالا.

۱-۲. کاربرد مشعلهای متخلخل

موارد استفاده از مشعلهای متخلخل را به دو دسته مصارف خانگی و صنعتی می‌توان تقسیم نمود. در این بخش به معرفی برخی از کاربردهای مشعل متخلخل در مصارف خانگی و صنعتی پرداخته شده است[۲].

۱-۲-۱. کاربرد در مصارف خانگی (گرمایش هوا و آب)

قدرت مورد نیاز برای گرمایش ساختمان‌ها روز به روز کاهش می‌یابد (به دلیل بهبود عایق کاری ساختمانها)، هر چند انرژی لازم برای گرمایش آب تغییر چندانی نکرده است. به خاطر این تفاوت، مشعل‌های مورد استفاده در این قسمت باید دارای محدوده قدرت وسیعی باشند. البته این مسئله به تعداد مشعلهای مورد استفاده نیز بستگی دارد. همچنین در کاربردهای ثابت انتشار گاز مشعل متخلخل در مقایسه با مشعل‌ها با شعله آزاد بسیار کمتر است زیرا کنترل دمای ناحیه احتراق در محیط متخلخل امکان‌پذیر است .

یکی دیگر از جنبه‌های جالب استفاده از مشعل‌های متخلخل در مصارف خانگی تراکم بالای واحدهای مشعل متخلخل است. قابل ذکر است که ماکزیمم چگالی قدرت برای مشعل بیش از ۱۱برابر ماکزیمم چگالی قدرت برای یک مشعل معمولی است.

۱-۲-۲. کاربردهای صنعتی

هنگامی که مشعل‌های متخلخل با مشعل‌های پیش مخلوط معمولی ترکیب می‌شوند امکان بهبود استفاده از انرژی گرمایی را فراهم می‌کنند. مشعلهای پیش مخلوط معمولی نهایتا در محدوده قدرت ۱:۲,۵ کار می‌کنند اما وقتی با مشعلهای متخلخل نوع حلقوی ترکیب می‌شود این بازه می تواند تا ۱:۵۰ نیز برسد بدون آنکه اثر منفی روی رفتار انتشاری مشعل بگذارد[۲].

۱-۲-۲-۱. سیستمهای گرمایش هوا برای خشک کردن

در صنعت از خشک‌کن‌ها برای از بین بردن رطوبت محصولات کشاورزی، مواد غذایی، منسوجات، کاغذ و بسیاری محصولات دیگر استفاده می‌شود. برای این کار معمولا جریان هوای گرم مورد استفاده است. این هوا معمولا از طریق مخلوط کردن جریان گاز مشعل‌ها با مقداری هوای تازه (به خاطر تعدیل دما) تهیه می‌شود.

مشعلهای صنعتی مورد استفاده در این کاربرد اجازه یک عملکرد قابل اطمینان را می‌دهد، اما طول شعله آنها با شعله پخش آزاد بین ۱تا ۳ متر می‌باشد. حل این مشکل به کمک مشعل‌های متخلخل امکان‌پذیر است‌چون این مشعلها دارای طول احتراق در حدود ۱۰ سانتی‌متر می‌باشند.

۱-۲-۲-۲. احتراق در توربین گازی

برای رسیدن به کمترین مقدار انتشار NO_x در توربین گازی از احتراق پیش مخلوط استفاده می‌شود، اما وقتی قدرت به زیر ۵۰٪ قدرت نامی می‌رسد احتراق در توربین ناپایدار می‌گردد. در این مورد احتراق با شعله دیفیوژن[2] انجام گرفته و انتشار آلاینده‌ها به شدت افزایش می‌یابد. از طرف دیگر این امر باعث بار گرمایی ناهمگن روی پره‌های توربین و در نتیجه کاهش عمر آن می‌گردد، این دو مشکل را با استفاده از مشعل متخلخل می‌توان حل نمود. برای مطالعه‌ی پایداری شعله و احتراق آدیاباتیک در یک توربین گازی با مشعل متخلخل یک محفظه احتراق فشار بالا با احتراق در محیط متخلخل ساخته شد. البته بیشتر توجه روی پایداری شعله در نسبت هم‌ارزی‌های پایین بود. نتایج نشان داد که با استفاده از مشعل متخلخل در این سیستم حدود شعله‌وری و سرعت شعله افزایش قابل توجهی پیدا می‌کند[۲].

[2] diffusion flame

۱-۲-۲-۳. کاربرد در سیستم گرم کردن خودرو ها

مسیر پیشرفت وسائل نقلیه مخصوصا خودروها به سمت افزایش راحتی، ایمنی و طول عمر می‌باشد. سیستم‌های مورد استفاده برای این کاربردها نه تنها باعث ایجاد شرایط آسایش حرارتی می‌شوند، از تشکیل قطرات آب روی شیشه‌ها و یخ زدن آن نیز جلوگیری می‌کنند. همچنین این سیستم‌ها موجب پیش‌گرم شدن موتور اتومبیل شده و می‌توانند مشکلات استارت زدن را مرتفع کنند که نتیجه آن افزایش عمر خودرو و کاهش آلاینده‌ها است.

اما این سیستم‌های متداول مشکلاتی نیز دارد، از قبیل انتشار بالای آلاینده‌ها در فضاهای بسته‌ای مثل پارکینگ‌های سربسته و زیر زمینی، که استفاده از این سیستمها را با محدودیت مواجه می‌کند. معمولا دلیل بروز این مشکل اجباری است که در طراحی جمع و جور این چنین سیستم‌هایی وجود دارد. برای رفع مشکلات فوق می‌توان از مشعل متخلخل استفاده نمود چون این مشعلها هم نسبت به مشعلهای دیگر هم آلودگی کمتری دارند و هم در یک توان ثابت دارای ابعاد کوچکتری هستند[۲].

۱-۳-۲-۴. کاربرد در موتورهای احتراق داخلی

در تشکیل مخلوط و به دنبال آن پروسه احتراق در موتورهای احتراق داخلی با تزریق مستقیم کمبود یک سیستم برای کنترل تشکیل مخلوط و همگن‌سازی آن احساس می‌شود که این کمبود اجازه یک احتراق همگن را نمی‌دهد. توانایی تشکیل مخلوط و احتراق همگن با سه خاصیت زیر مشخص می‌شود،

۱) همگن بودن مخلوط ورودی به محفظه احتراق

۲) شرایط اشتعال مخلوط

۳) پروسه احتراق و میدان دما

چهار تکنیک اشتعال در موتور می‌توان منظور نمود،